

## Automatic control of moor powered screwdriver uses torque and angle of rotation sensors

**Patent number:** DE10133923  
**Publication date:** 2003-01-23  
**Inventor:** SITTIG ULF (DE); WAGNER PAUL-HEINZ (DE)  
**Applicant:** WAGNER PAUL-HEINZ (DE)  
**Classification:**  
- international: **B23P19/06; B25B23/14; B23P19/06; B25B23/14;**  
(IPC1-7): B25B23/147  
- european: B23P19/06C1; B25B23/14  
**Application number:** DE20011033923 20010712  
**Priority number(s):** DE20011033923 20010712

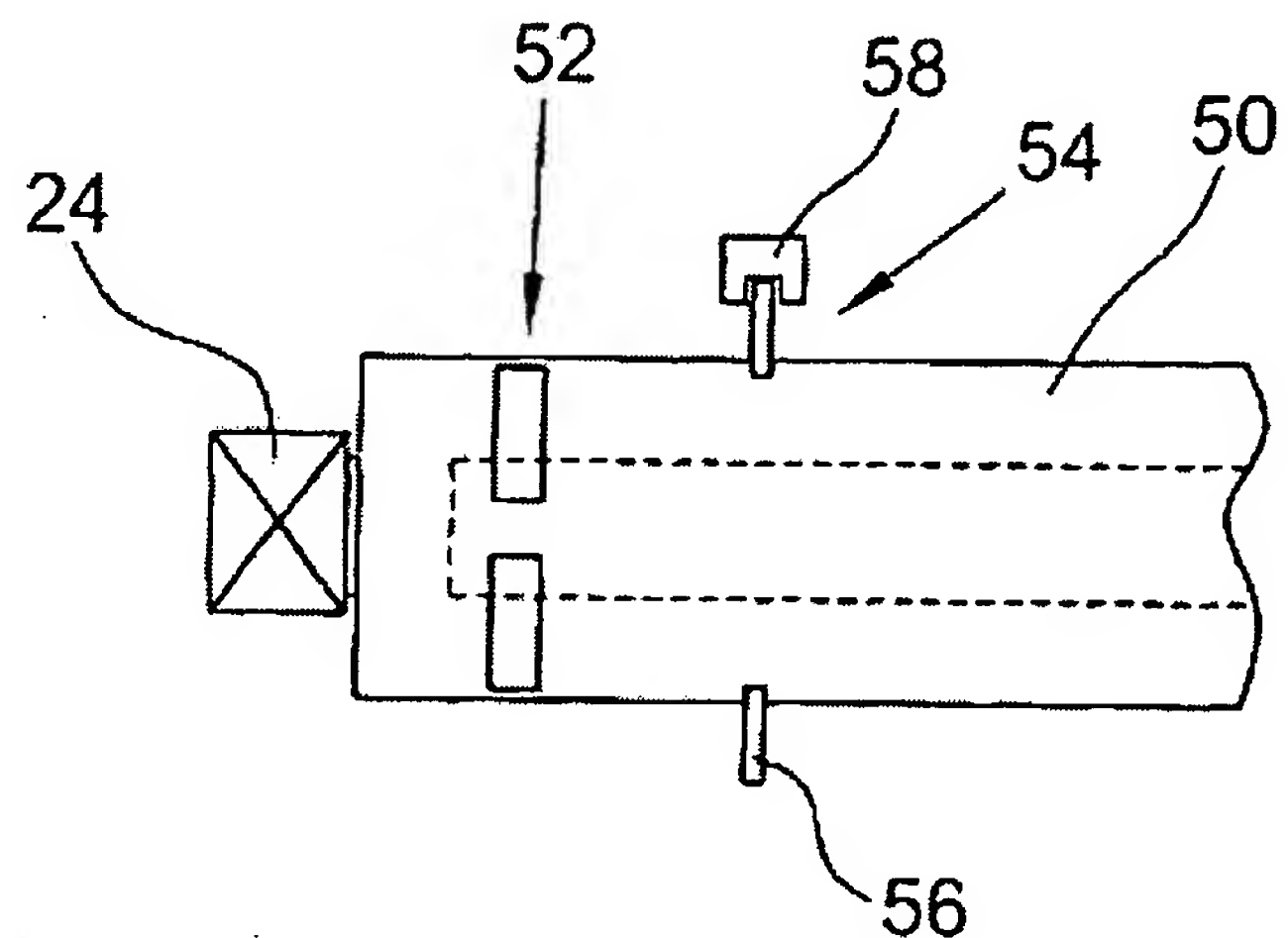
Also published as:

 WO03006211 (A1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE10133923

The power screwdriver has a motor that is controlled until the torque applied and the angle of rotation are within defined tolerance bands. The torque is continuously measured until a target value ( $M_f$ ) is reached. At this point the angle is measured until a target value is attained ( $(\alpha)$ ).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 33 923 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 25 B 23/147**

②① Aktenzeichen: 101 33 923.2  
②② Anmeldetag: 12. 7. 2001  
④③ Offenlegungstag: 23. 1. 2003

DE 101 33 923 A 1

⑦① Anmelder:  
Wagner, Paul-Heinz, 53804 Much, DE

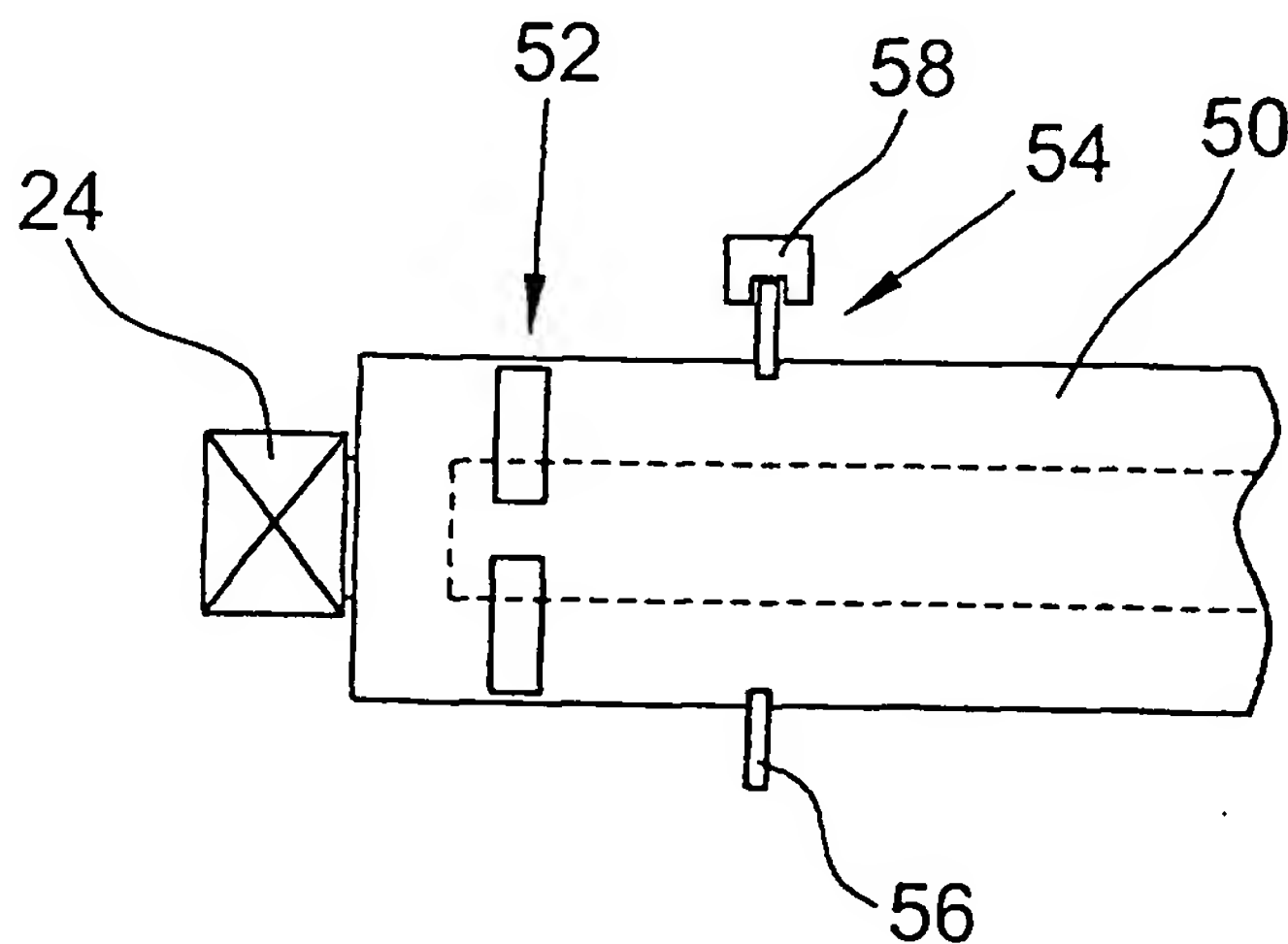
⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col.,  
50667 Köln

⑦② Erfinder:  
Sittig, Ulf, 53721 Siegburg, DE; Wagner, Paul-Heinz,  
53804 Much, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur automatischen Steuerung eines Schraubvorgangs

⑤⑦ Bei einem Schraubvorgang wird in einem Drehschrauber das Drehmoment ( $M_D$ ) und der Drehwinkel ( $\alpha$ ) gemessen. Zunächst erfolgt das Anziehen einer Schraube in einem Drehmomentmodus unter Messung des Drehmoments, bis ein Fügемoment ( $M_F$ ) erreicht ist. Danach wird ohne die Drehung anzuhalten in einen Drehwinkelmodus (DWM) übergegangen, bei dem der Drehwinkel ( $\alpha$ ) gemessen wird. Der Drehwinkel wird bis zu einem Soll-Drehwinkel ( $\alpha_S$ ) erhöht. Vor Erreichen des Soll-Drehwinkels wird unter Berücksichtigung eines in Probeläufen ermittelten Korrekturwerts ( $\alpha_K$ ) der Messwert ( $\alpha_M$ ) ermittelt, bei dem das Abschalten des Antriebs erfolgen muss, um das gewünschte Soll-Drehmoment ( $M_S$ ) und den gewünschten Soll-Winkel ( $\alpha_S$ ) innerhalb eines Toleranzbereichs (T) zu treffen.



DE 101 33 923 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Steuerung eines Schraubvorganges eines Drehschraubers, der einen steuerbaren Antrieb für eine Ausgangswelle sowie eine integrierte Steuereinheit (32) mit Mikroprozessor und Speicher, einen Drehmomentsensor und einen Drehwinkelsensor aufweist.

[0002] Bei Drehschraubern wird häufig die Forderung gestellt, dass eine Schraube mit einem festgelegten Soll-Drehmoment angezogen werden soll. Die genaue Einhaltung des Soll-Drehmoments ist insbesondere bei sicherheitsrelevanten Anwendungen wie Reaktoren, Stromgeneratoren oder Windrädern oder auch im Offshore-Bereich von Bedeutung. Die zielgenaue Erreichung eines bestimmten Drehmoments soll bewirken, dass die Schraube mit einer vorbestimmten Dehnungskraft belastet wird, so dass die durch die Schraube verbundenen Teile mit einer entsprechenden Kraft von der Schraube gegeneinander gedrückt werden. Das an der Ausgangswelle eines Schraubers gemessene Drehmoment gibt jedoch nicht in jedem Fall Auskunft über die Dehnung der Schraube. Es wird beispielsweise dadurch verfälscht, dass das Schraubengewinde verschmutzt oder mit Farbe versehen ist oder dass auf dem Schraubengewinde Öl vorhanden ist. Ferner können im Schraubengewinde und auch in der Mutter Fehlstellen vorhanden sein. Aus diesem Grund ist es nicht zweckmäßig, bis zum Erreichen eines Soll-Drehmoments den Antrieb eingeschaltet zu lassen und ihn dann schlagartig abzuschalten. Außerdem erfolgt bei einer schlagartigen Abschaltung ein undefiniertes Überschießen infolge der Massenträgheit der bewegten Masse und von undefinierten Reibungskräften u. dgl.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur automatischen Steuerung eines Schraubvorganges eines Drehschraubers anzugeben, das eine sichere Erreichung des angestrebten Endzustands der Schraube unter kompletter Überwachung des Schraubvorganges ermöglicht und keine manuellen Eingriffe erfordert.

[0004] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen. Hiernach weist das Verfahren zur automatischen Steuerung des Schraubvorganges die folgenden Schritte auf:

- Aktivieren des Antriebs unter Messung des Drehmoments in einem Drehmomentmodus, bis das Drehmoment ein vorbestimmtes Fügoment erreicht,
- bei Erreichen des Fügomentes: Übergang auf einen Drehwinkelmodus, bei dem der von der Ausgangswelle überstrichene Drehwinkel gemessen wird,
- Beenden des Antriebs, wenn der Drehwinkel einen vorgegebenen Endwert erreicht.

[0005] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt ein automatischer Übergang von dem Drehmomentmodus in den Drehwinkelmodus, ohne dass manuelle Eingriffe notwendig wären. Der Drehwinkelmodus startet ausgehend vom Fügoment, wobei das Weiterdrehen unter ständiger Überwachung durch den Drehwinkelsensor erfolgt. Dabei kann von dem Sollwert des Drehwinkels jeweils der eingenommene Istwert der jeweiligen Position subtrahiert werden, um den noch zu überstreichenden Differenzwert zu ermitteln. In Abhängigkeit von diesem Differenzwert kann der Antrieb gesteuert werden, und zwar so, dass er den Sollwert zielgenau ansteuert, wobei bereits vorher eine gesteuerte Verringerung der Drehzahl erfolgen kann.

[0006] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass bei Erreichen des Fügomentes der Antrieb aktiviert bleibt und die Steuerung ohne die Aus-

gangswelle anzuhalten in den Drehmomentmodus übergeht. Hierbei wird vermieden, dass bei Erreichen des Fügomentes ein Überschießen bis zum Anhalten erfolgt, wodurch das Fügoment verfälscht würde. Vielmehr wird während des Drehvorganges der Drehwinkelmodus eingeleitet, so dass ein exakt definierter Beginn des Drehwinkelmodus vorhanden ist. Außerdem wird der Schraubvorgang verkürzt, weil kein Stillsetzen des Antriebs notwendig ist.

[0007] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass nach Erreichen des Fügomentes der zeitliche Verlauf des Drehwinkels und/oder des Drehmomentes gemessen und gespeichert wird. Hierbei wird in bestimmten Zeitabständen jeweils der Drehwinkel und/oder das Drehmoment gemessen und die betreffenden Werte werden gespeichert, so dass sie später in Form einer Grafik verfügbar gemacht werden können. Der zeitliche Verlauf des Drehwinkels und/oder des Drehmomentes oder eine Beziehung zwischen Drehmoment und Drehwinkel können von einer in den Drehschrauber integrierten Steuereinheit auf einen externen Datenträger übertragen oder in ein Informationsnetz eingespeist werden. Auf diese Weise ist eine genaue und selbsttätige Dokumentation jedes einzelnen Schraubvorganges möglich. Die Dokumentation kann beispielsweise auf einer Chip-Karte oder einem anderen Datenträger erfolgen. Alternativ hierzu ist es möglich, dass die in den Drehschrauber integrierte Steuereinheit derart ausgebildet ist, dass sie mit einem Informationsnetz kommunizieren kann. Auf diese Weise kann die Steuereinheit beispielsweise Daten in das Internet eingeben und auch vom Internet aus angewählt werden, um Daten abzurufen. Dies setzt eine Kommunikationsfähigkeit mit dem Internet voraus, die über ein Mobilfunkgerät oder eine ähnliche Kommunikationseinrichtung leicht realisiert werden kann.

[0008] Für jeden Schraubfall wird ein Datensatz erstellt, der die charakteristischen Parameter dieses Schraubfalles angibt. In einem Lernmodus wird bei einem Probelauf der Antrieb bei Erreichen eines vorgegebenen Drehmoments abgeschaltet und der überschießende Drehwinkel gemessen und als Korrekturwert gespeichert. Danach wird ein Soll-Drehwinkel festgelegt. Der Antrieb wird dann abgeschaltet, wenn der gemessene Drehwinkel den Wert des Soll-Drehwinkels minus dem Korrektur erreicht. Solange der gemessene Drehwinkel nicht dem Soll-Drehwinkel entspricht, kann der Korrektur nach einem Iterationsverfahren neu ermittelt werden. Die Lernphase wird dann beendet, wenn der beim Stillstand des Drehschraubers gemessene Drehwinkel dem Wert des Soll-Drehwinkels entspricht.

[0009] Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

[0010] Es zeigen:

[0011] Fig. 1 eine Seitenansicht des Drehschraubers,

[0012] Fig. 2 eine schematische Stirnansicht des Drehschraubers nach Fig. 1 aus Richtung des Pfeiles II,

[0013] Fig. 3 die Ausgangswelle mit den beiden Sensoren, und

[0014] Fig. 4 ein Diagramm zur Erläuterung der Steuerung des Drehschraubers.

[0015] Der Drehschrauber weist ein Halteteil 10 auf, welches mit der Hand gehalten werden kann. In einem Gehäuse 12 des Halteteils ist ein Elektromotor angeordnet, der über ein Kabel 14 an das Versorgungsnetz angeschlossen werden kann. Das Halteteil 10 ist mit einer Abtriebseinrichtung 20 verbunden, welche ein Untersetzungsgetriebe enthält, um die Drehzahl der in dem Gehäuse 12 befindlichen Abtriebsvorrichtung zu reduzieren. Mit Hilfe eines Schaltrings 22 kann das Untersetzungsgetriebe geschaltet werden, um das Maß der Untersetzung zu verändern. Das Untersetzungsge-



triebe treibt einen Ansatzstutzen 24 an, auf den Schraubnüsse aufgesteckt werden können. An dem Gehäuse 26 ist ein Stützfuß 28 vorgesehen, der gegen ein ortsfestes Widerlager gesetzt werden kann, um das beim Schraubvorgang erzeugte Gegenmoment an das Widerlager abzuleiten.

[0016] Das Halteteil 10 ist gegenüber der Abtriebseinrichtung 20 drehbar. Hierzu ist zwischen dem Halteteil 10 und der Abtriebseinrichtung 20 ein Sicherheitsdrehgelenk 30 vorgesehen. Dadurch ist es möglich, unabhängig von der Stellung und dem Betrieb der Abtriebseinrichtung 20 das Halteteil 10 in einem Bereich von 360° zu drehen.

[0017] Die Abtriebseinrichtung 20 enthält einen Drehmomentsensor 52, der das an der Ausgangswelle 50 entstehende Drehmoment misst. Dieser Drehmomentsensor ist ein Torsionssensor, der an der Ausgangswelle befestigt ist. Die Signale dieses Torsionssensors werden über eine Schleifringanordnung oder über eine berührungslose Datenübertragung zu einer Steuereinheit übertragen. Außerdem ist in der Abtriebseinrichtung 20 ein Drehwinkelsensor 54 vorgesehen, der eine an der Ausgangswelle 50 befestigte Codierscheibe 56 und einen auf Codemarkierungen der Codierscheibe reagierenden Sensor 58 aufweist.

[0018] Die von dem Drehmomentsensor 52 und dem Drehwinkelsensor 54 erzeugten Messdaten werden an eine in den Drehschrauber integrierte Steuereinheit 32, die einen Mikroprozessor und einen Speicher enthält, übertragen. Über eine Schnittstelle 34 kann die Steuereinheit 32 mit anderen elektronischen Geräten kommunizieren und beispielsweise an ein Modem angeschlossen werden, welches einen Internetzugang hat.

[0019] Mit der Steuereinheit 32 ist eine Anzeigevorrichtung 36 verbunden, an der in digitaler Form das aktuelle Drehmoment und/oder der aktuelle Drehwinkel dargestellt werden kann. Ferner können die Sollwerte angezeigt werden. Es können auch Datensätze unterschiedlicher Schraubfälle angezeigt werden, die einzeln auswählbar und somit aktivierbar sind. Über entsprechende Eingabeelemente kann eine Menüauswahl an der Anzeigevorrichtung 36 erfolgen. Für das Menü können sodann unterschiedliche Schraubanzugsverfahren ausgewählt werden. Es ist ferner möglich, den Drehschrauber nur dann einsatzfähig zu machen, wenn zuvor ein bestimmter Code eingegeben wurde. Dadurch kann sichergestellt werden, dass der Drehschrauber nicht von unbefugten Personen verwendet wird.

[0020] Das Ein- und Ausschalten des Drehschraubers erfolgt durch Betätigung entsprechender Schalter 18 in üblicher Weise.

[0021] An dem Gehäuse 12 ist ein Einsteckschlitz 40 für eine Chipkarte 42 vorgesehen. Die Chipkarte 42 mit dem Chip 44 bildet einen externen Datenträger, der die Anzugsparameter der durchgeführten Schraubvorgänge speichert. Die Chipkarte 42 kann beispielsweise am Ende eines Arbeitstages herausgenommen und ihr Inhalt in einen Computer eingelesen werden, um jeden einzelnen an dem Arbeitstag durchgeführten Schraubvorgang zu dokumentieren.

[0022] Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand von Fig. 3 erläutert, in welchem das Drehmoment  $M_D$  auf der Ordinate und der Drehwinkel  $\alpha$  auf der Abszisse dargestellt ist.

[0023] Bei einem Schraubvorgang wird zunächst der Antrieb eingeschaltet und die Schraube mit voller Drehzahl gedreht, bis ein vorbestimmtes Fügoment  $M_F$  erreicht ist. Das Fügoment ist ein definierter Wert, der hier beispielsweise 300 Nm beträgt. Bei Erreichen des Fügomentes ist die Schraubenverbindung bereits so fest angezogen, dass sie nicht mehr unbeabsichtigt gelöst werden oder sich unbeabsichtigt verstellen kann. Bis zum Erreichen des Fügomentes  $M_F$  wird der Drehmomentmodus DMM durchgeführt,

bei dem mit dem Drehmomentsensor das Drehmoment während des Schraubvorganges gemessen wird. Bei Erreichen des Fügomentes  $M_F$  erfolgt ein Übergang in den Drehwinkelmodus DWM, bei dem mit dem Drehwinkelsensor 54 beginnend von 0° der Drehwinkel gemessen wird. Es sei angenommen, dass bei dem Soll-Drehmoment  $M_S$  der Soll-Drehwinkel  $\alpha_S$  erreicht ist, der hier 90° beträgt.

[0024] Beim Drehwinkelmodus wird der Drehwinkel der Ausgangswelle des Drehschraubers kontinuierlich oder in Zeitintervallen ermittelt. Dabei kann bei Annäherung an das Soll-Drehmoment die Drehzahl verringert werden, um eine abrupte Abschaltung des Drehschraubers zu vermeiden. Beispielsweise kann nach einer vorgegebenen Funktion in Abhängigkeit vom Drehwinkel die Drehzahl heruntergesteuert werden.

[0025] Um den Koordinatenpunkt der Sollwerte  $M_S$  und  $\alpha_S$  herum ist ein Toleranzgebiet T bezeichnet, das durch die Werte  $M_{\max}$ ,  $M_{\min}$ ,  $\alpha_{\min}$  und  $\alpha_{\max}$  definiert ist, die vom Anwender an einer Eingabevorrichtung des Drehschraubers eingegeben werden können. Wenn der Schraubvorgang in diesem Toleranzgebiet T endet, wird er als akzeptabel angesehen.

[0026] Der Antrieb des Drehschraubers wird abgeschaltet, wenn der mit dem Drehwinkelsensor gemessene Drehwinkel  $\alpha_M$  den Wert  $\alpha_S - \alpha_K$  erreicht hat, wobei  $\alpha_K$  ein Korrekturwert ist. Nach dem Abschalten läuft der Antrieb noch nach, so dass er schließlich an oder nahe dem Sollwert  $\alpha_S$  zum Stillstand kommt.

[0027] Der Datensatz, der bei einem Schraubvorgang auf der Chipkarte 42 registriert wird, enthält außer der laufenden Nummer des Schraubvorganges und den Datums- und Uhrzeitangaben die folgenden Daten:

Fügoment  $M_F$

Soll-Drehwinkel  $\alpha_S$

Korrekturwert-Drehwinkel  $\alpha_K$

Korrekturwert-Drehmoment

Drehmoment-Grenzwert-Minimum  $M_{\min}$

Drehmoment-Grenzwert-Maximum  $M_{\max}$

Drehwinkel-Grenzwert-Minimum  $\alpha_{\min}$

Drehwinkel-Grenzwert-Maximum  $\alpha_{\max}$ .

[0028] Außerdem werden für eine graphische Darstellung im Anschluss an das Erreichen des Fügomentes  $M_F$  die folgenden Daten aufgenommen und in der Chipkarte gespeichert:

Drehmoment-Ist-Wert

Drehwinkel-Ist-Wert.

[0029] Dieses Wertepaar wird jeweils zum Zeitpunkt Null, nämlich dem Erreichen des Fügomentes  $M_F$ , und danach in Abständen von 10 ms aufgenommen.

[0030] Wird am Ende eines Schraubvorganges der Toleranzbereich T in Fig. 3 erreicht, wird ein Signal erzeugt, das angibt, dass die Verschraubung in Ordnung ist. Wird der Toleranzbereich T dagegen nicht getroffen, wird ein entsprechendes Negativsignal erzeugt, das angibt, dass dieser Verschraubungsvorgang nicht in Ordnung war und verworfen werden muss. Das Schraubgerät wird daraufhin außer Funktion gesetzt und kann nur manuell wieder eingeschaltet werden.

[0031] Der Korrekturwert  $\alpha_K$  wird in der Weise ermittelt, dass bei einem Probelauf der Antrieb bei Erreichen eines vorgegebenen Drehmoments abgeschaltet und der überschießende Drehwinkel gemessen und als Korrekturwert  $\alpha_K$  gespeichert wird. Als vorgegebenes Drehmoment wird zunächst das Fügoment  $M_F$  ausgewählt. Der Antrieb kommt dann weit unterhalb des Soll-Drehmoments  $M_S$  zum Stillstand, so dass das Soll-Drehmoment nicht erreicht wird.

[0032] Danach wird in einem zweiten Probelauf der Antrieb dann abgeschaltet, wenn der gemessene Drehwinkel

$\alpha_M$  den Wert des Soll-Drehwinkels minus dem zuvor ermittelten Korrekturwert  $\alpha_K$  erreicht. Der daraufhin gemessene Drehwinkel, bei dem die Ausgangswelle zum Stillstand kommt, ergibt einen neuen Korrekturwert  $\alpha_K$ , der kleiner ist als der erste Korrekturwert. Auf diese Weise erfolgt eine iterative Annäherung an den Wert  $\alpha_S$ . Diese Annäherung erfolgt von unten her, so dass sichergestellt wird, dass der Drehwinkel nicht über den Wert  $\alpha_S$  hinausschießt. Der sich schließlich ergebende Korrekturwert  $\alpha_K$  wird für den betreffenden Schraubfall abgespeichert und für die nachfolgenden Schraubvorgänge übernommen.

[0033] Die Protokolle der einzelnen Schraubvorgänge werden gespeichert und stehen ebenfalls für spätere Auswertungen zur Verfügung. Es besteht auch die Möglichkeit, den Drehschrauber über das Internet oder über andere Datenverbindungen zu programmieren oder abzufragen. Auf diese Weise stehen in einer Zentrale jederzeit die Daten der einzelnen Drehschrauber, die irgendwo in der Welt benutzt werden, zur Verfügung. Es kann auch festgestellt werden, ob ein Drehschrauber reparatur- oder wartungsbedürftig ist.

speichert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, dass Schraubparameter unterschiedlicher Schraubfälle gespeichert werden und bei Bedarf abrufbar sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Steuerung eines Schraubvorganges eines Drehschraubers, der einen steuerbaren Antrieb für eine Ausgangswelle sowie eine integrierte Steuereinheit (32) mit Mikroprozessor und Speicher, einen Drehmomentsensor und einen Drehwinkelsensor aufweist, mit den Schritten:
  - Aktivieren des Antriebs unter Messung des Drehmoments in einem Drehmomentmodus (DMM), bis das Drehmoment ein vorbestimmtes Fügoment ( $M_F$ ) erreicht,
  - bei Erreichen des Fügomentes ( $M_F$ ): Übergang auf einen Drehwinkelmodus (DWM), bei dem der von der Ausgangswelle überstrichene Drehwinkel ( $\alpha_M$ ) gemessen wird,
  - Beenden des Antriebs, wenn der Drehwinkel einen vorgegebenen Wert erreicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei bei Erreichen des Fügomentes ( $M_F$ ) der Antrieb aktiviert bleibt und die Steuerung ohne die Ausgangswelle anzuhalten in den Drehwinkelmodus (DWM) übergeht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei nach Erreichen des Fügomentes ( $M_F$ ) der zeitliche Verlauf des Drehwinkels ( $\alpha$ ) und/oder des Drehmomentes ( $M_D$ ) gemessen und gespeichert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der zeitliche Verlauf des Drehwinkels ( $\alpha$ ) und/oder des Drehmomentes ( $M_D$ ) oder eine Beziehung zwischen Drehmoment und Drehwinkel von einer in den Drehschrauber integrierten Steuereinheit (32) auf einen externen Datenträger (42) übertragen oder in ein Informationsnetz eingespeist werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, wobei in einem Probelauf der Antrieb bei Erreichen eines vorgegebenen Drehmoments abgeschaltet und der überschüssige Drehwinkel gemessen und als Korrekturwert ( $\alpha_K$ ) gespeichert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei ein Soll-Drehwinkel ( $\alpha_S$ ) festgelegt wird und der Antrieb dann abgeschaltet wird, wenn der gemessene Drehwinkel ( $\alpha_M$ ) den Wert des Soll-Drehwinkels ( $\alpha_S$ ) minus dem Korrekturwert ( $\alpha_K$ ) erreicht.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei nach dem Abschalten des Antriebs der Drehwinkel gemessen und mit dem Soll-Drehwinkel ( $\alpha_S$ ) verglichen wird und bei einer Abweichung als neuer Korrekturwert ( $\alpha_K$ ) gespeichert wird.

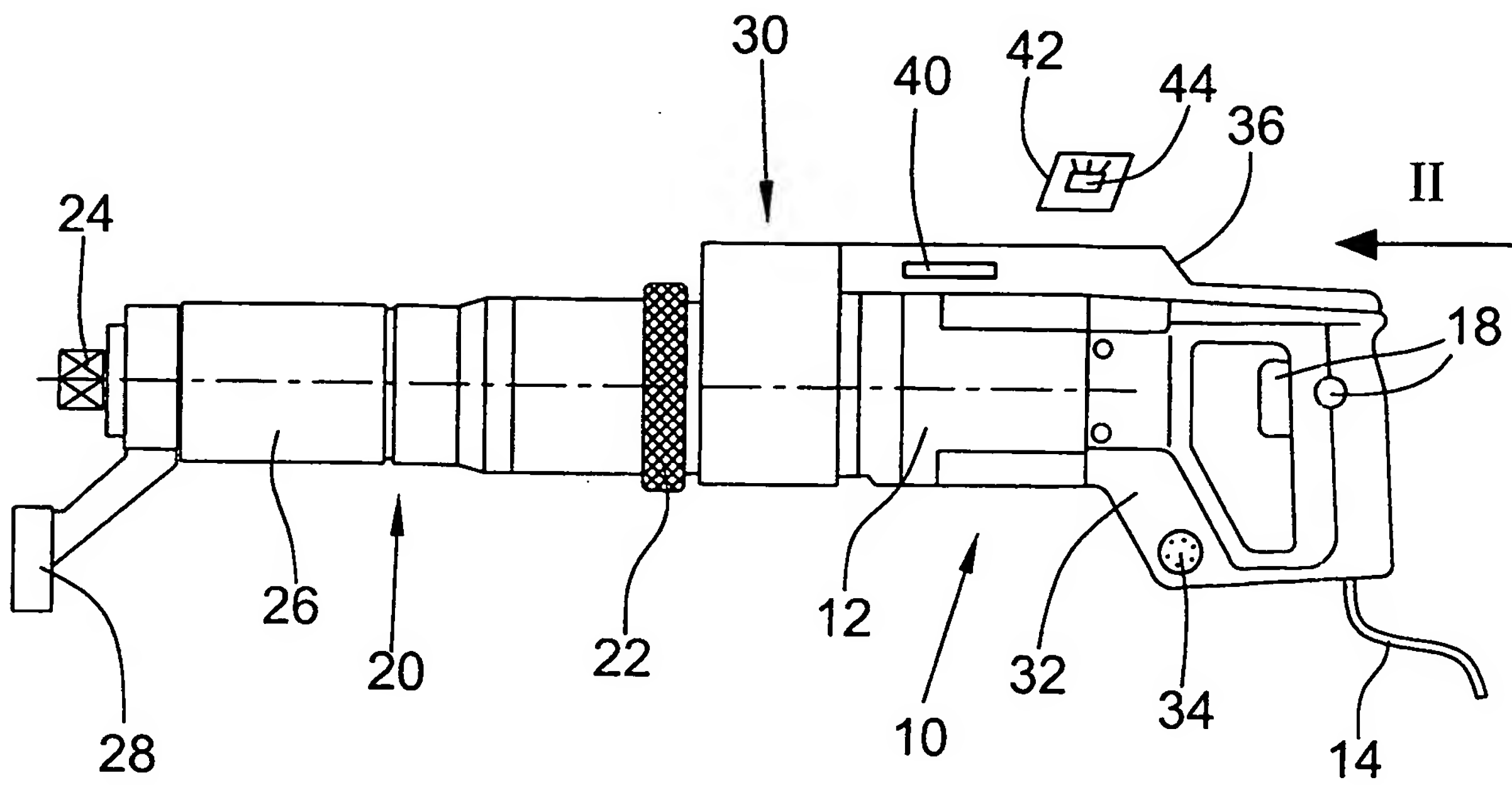


Fig.1

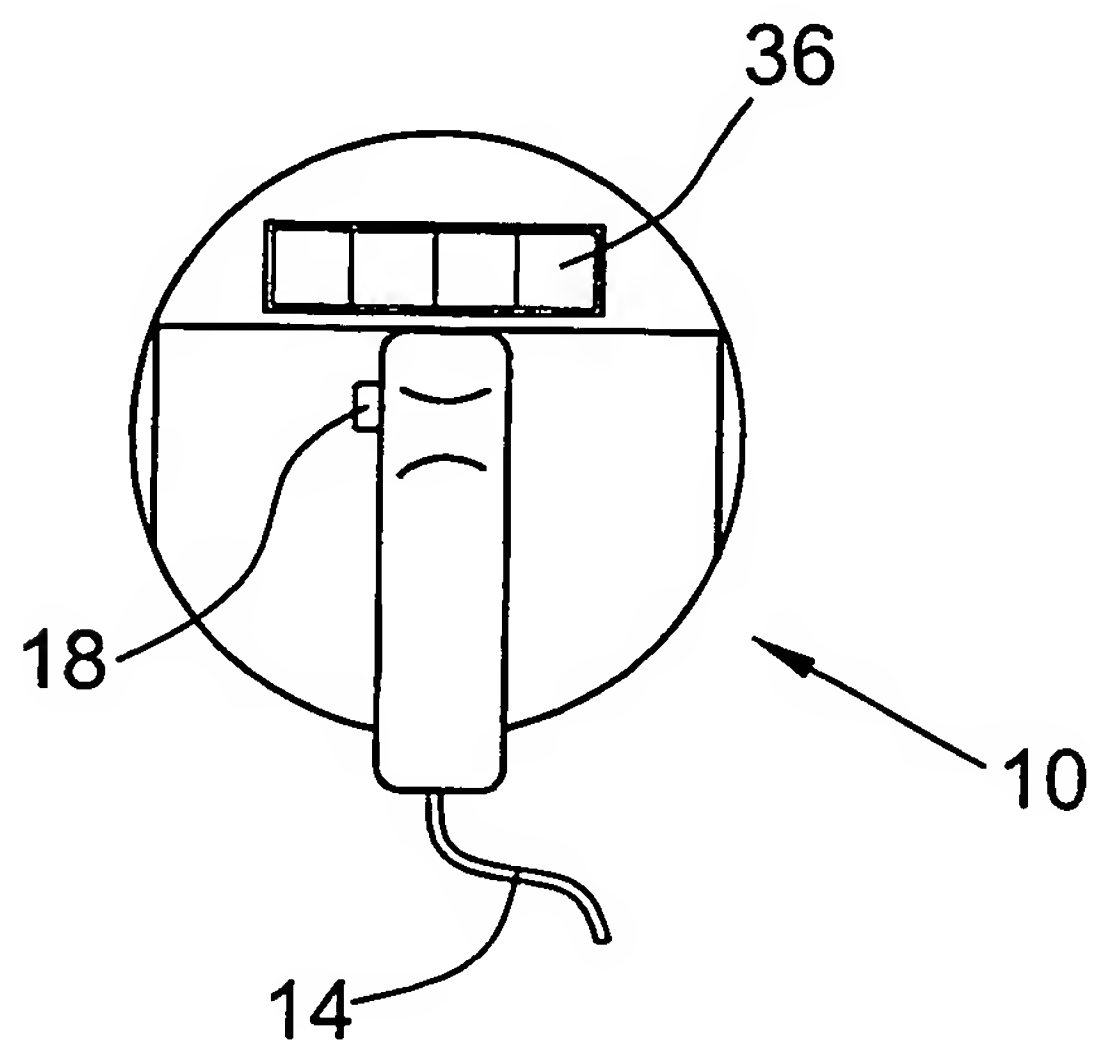


Fig.2

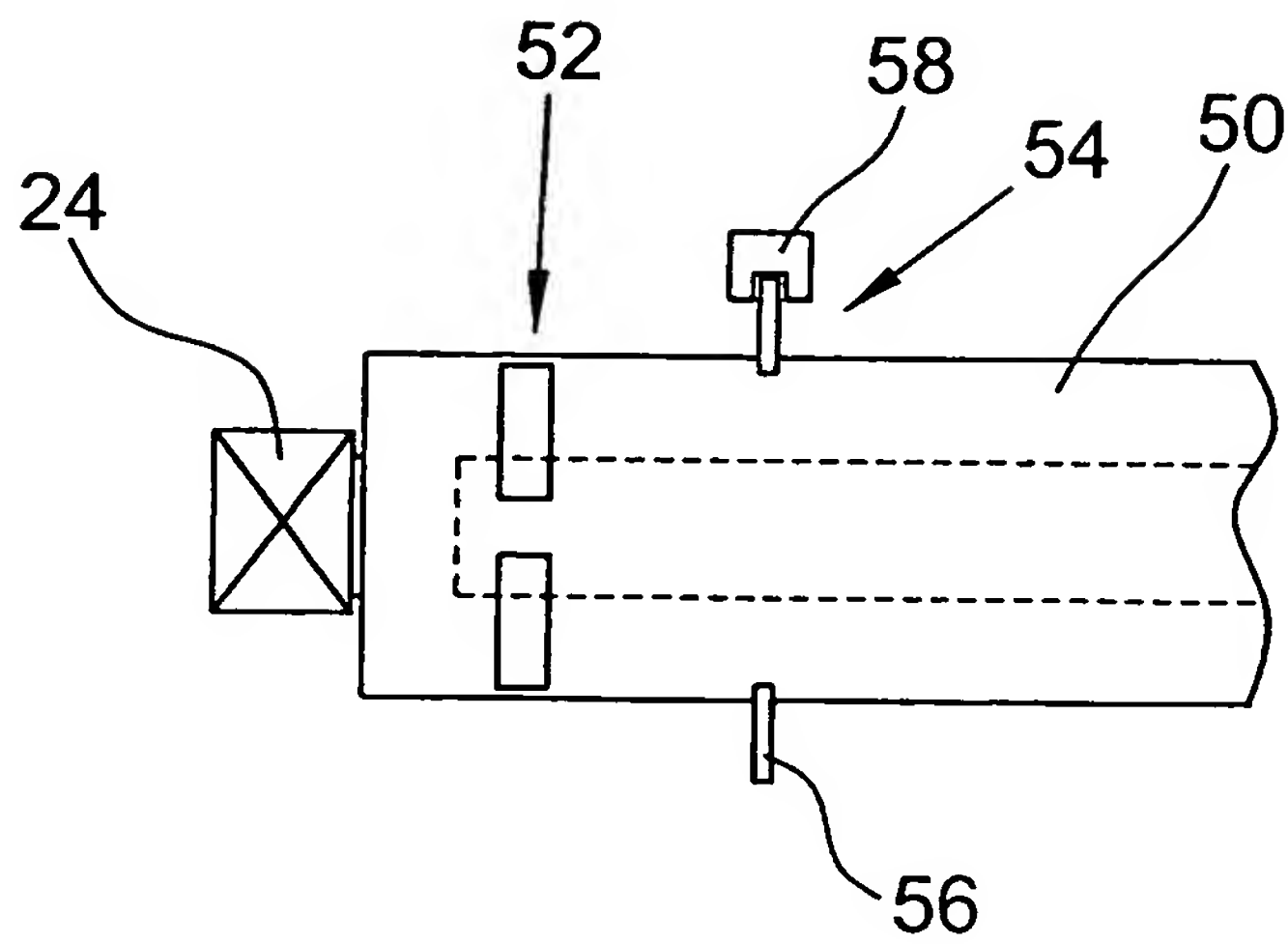


Fig.3

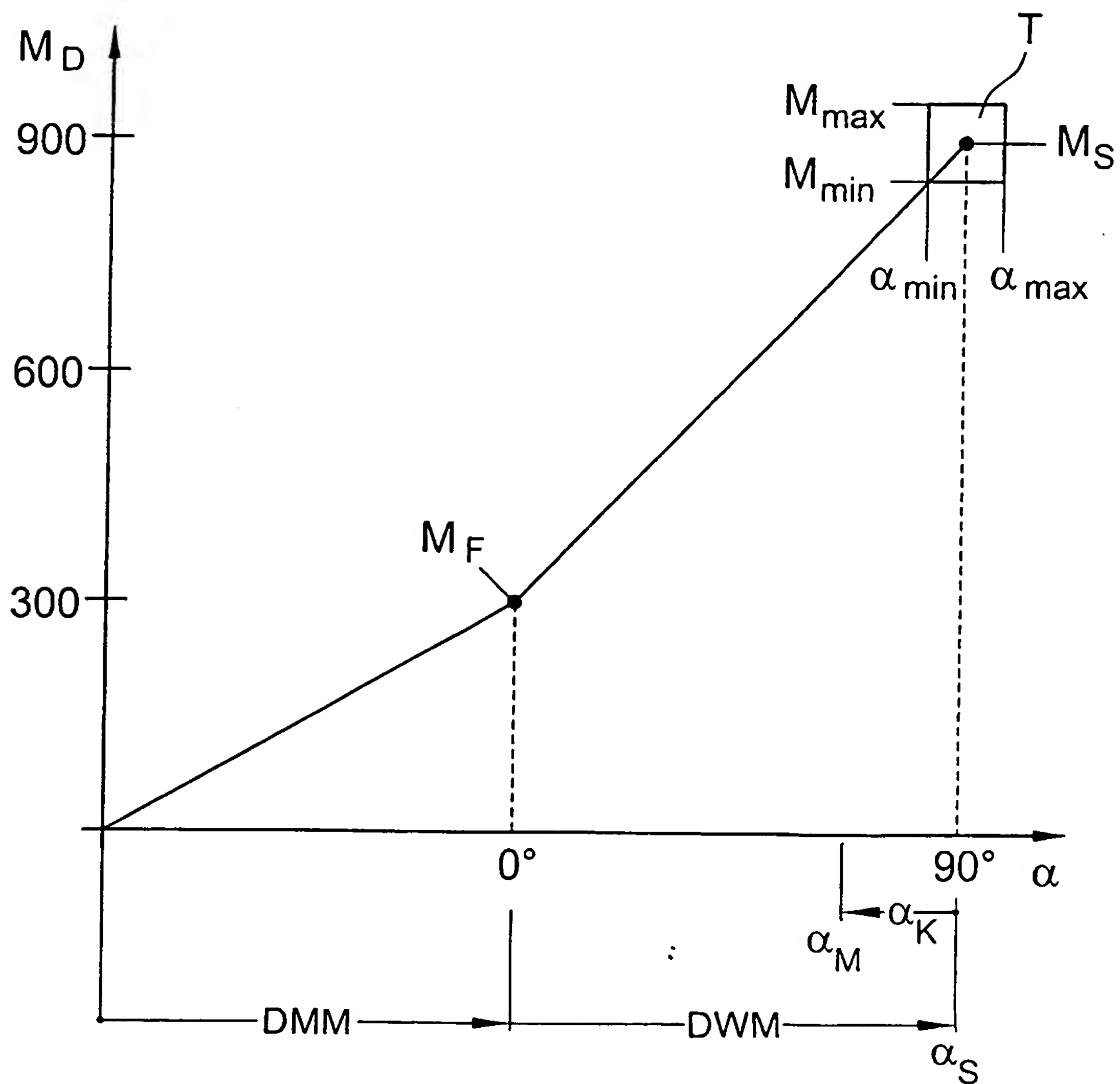


Fig.4